علم المواد (عملي)

منحنيات تبريد تبلور الفلزات

منحنيات تبريد تبلور الفلزات

الجدارة: التعرف على بعض المفاهيم والتعريفات الخاصة بمنحنيات التبريد للمعادن والسبائك المعدنية

الأهداف:

عندما يكتمل هذا الفصل يكون الطالب قادراً على:

- معرفة أنواع الأفران المستخدمة وطرق عملها.
- معرفة خطوات عمل تجربة رسم منحنى تبريد لفلز نقي.
- معرفة خطوات عمل تجربة رسم منحنى تبريد لسبيكة ثنائية.

مستوى الأداء المطلوب: يجب أن يصل الطالب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 90%

الوقت المتوقع للتدريب: 4 ساعات

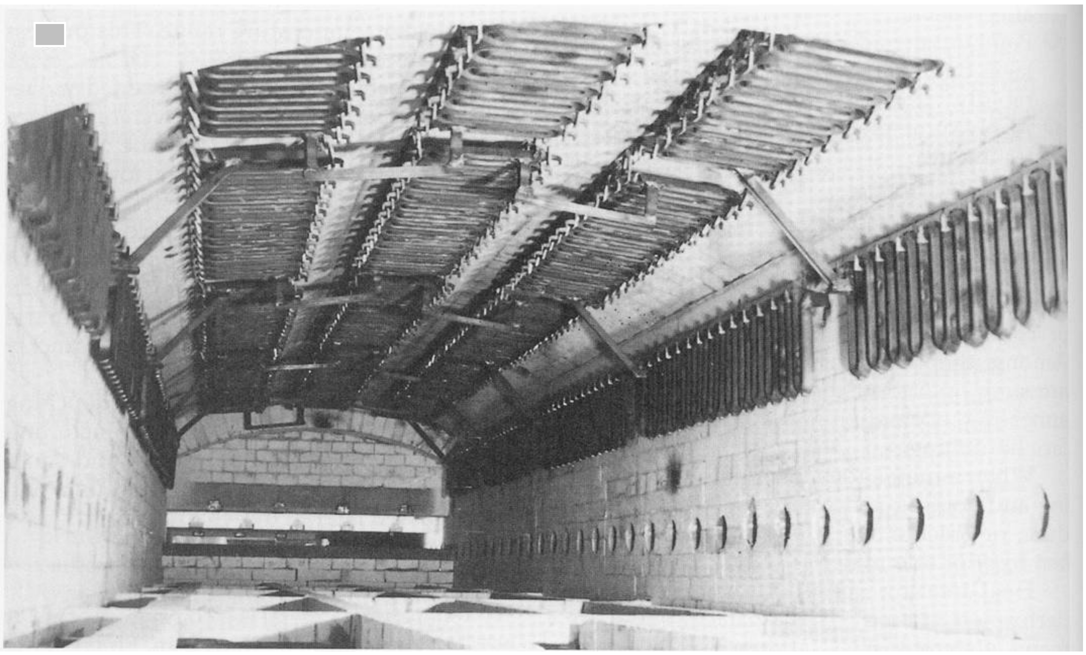
1- مقدمة عن أفران اختبار المعالجة

1-1 أنواع الأفران المستخدمة

يمكن تصنيف أفران اختبارات علم المواد إلى الأنواع التالية:

- أفران تعمل بواسطة الوقود الصلب مثل الفحم الحجري.
- أفران تعمل بواسطة الوقود السائل مثل الفيول أو المازوت.
- أفران تعمل بواسطة الوقود الغازي.
- الأفران العاملة بواسطة الكهرباء.
- أفران المقاومات الحرارية.
- أفران القوس الكهربائي.

الشكل (1.3) يمثل الجزء الداخلي لفرن كهربائي يستعمل في المعالجات الصناعية الكبرى للصلب، حيث نلاحظ أن عملية التسخين تتم عبر الأوجه الأربعة الداخلية للفرن.

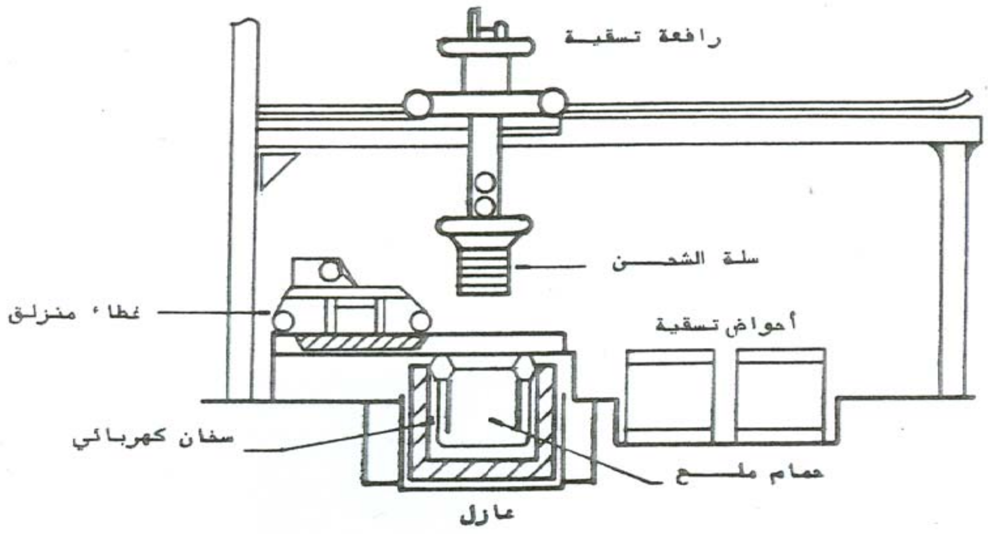


الشكل(1.3): أحد أنواع الأفران الصناعية الكبرى

إن اختيار نوع الفرن المناسب لعملية المعالجة يتعلق بشكل رئيسي بنوع المعدن المراد معالجته وكذلك بدرجة حرارة انصهار المعدن وكمية المواد المراد معالجتها. لكل نوع من أنواع الأفران السالفة الذكر، أشكال وسعات مختلفة صممت لتناسب المواصفات الفيزيائية والكيميائية للمادة الخام والمنتج وطريقة معالجة المادة الخام الأولية للوصول إلى المنتج النهائي.

2-1 طرق العمل

كما ذكرنا سابقاً، تتعدد أنواع الوقود وطرق التشغيل المستخدمة في أفران اختبارات علم المواد، حيث منها من يعمل بالوقود الغازي أو السائل، ولكن الأفران التي تعتمد في تشغيلها على التيار الكهربائي تكون أكثر ملاءمة عند استخدامها في عمليات التسخين، ذلك لأنها تتميز بقابليتها للتحكم في درجة الحرارة وتكون الحرارة منتظمة في الفرن. كذلك تتميز بنظافة التشغيل وإعطاء نوعية منتظمة من المشغولات المنتجة. يفضل النوع من هذه الأفران الذي يتميز بإمكانية التقسية المباشرة للشحنة بعد التسخين (كما سنرى في الوحدة القادمة) والذي يوفر جو واق دون الحاجة لفتح أبواب الفرن كما هو موضح في الشكل (2.3).



الشكل (2.3): فرن كهربائي مزود برافعة تقسية

3-1 المعايرة

الأفران تسخن المشغولات عند درجات حرارة مختلفة ويكون نطاق التسخين فيها تقريباً من 150^0C إلى 1350^0C. يجب أن تتوفر بعض المتطلبات الهامة في هذه الأفران من أهمها:

1. يجب أن يكون الفرن مأموناً عند التشغيل (يجب التحقق من متطلبات السلامة).
2. يجب الوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة بسرعة وإتقان وأن يكون الفرن قابل للتحكم فيه بسهولة.
3. يجب أن تكون درجة الحرارة في كل حيز التسخين منتظمة.
4. يجب أن لا يتفاعل جو الفرن مع أسطح المشغولات.
5. يجب أن يؤخذ في الاعتبار السلامة والأمن الصناعي عند اختيار الفرن، وبالتالي نوع الوقود المستخدم فيه. الوقود الزيتي يكون عرضة للحرائق وفي أفران اللهب يجب الاهتمام بالمصابيح، وفي حالة

الأفران العاملة بالغاز، لابد من توافر المعدات اللازمة لمنع اشتعال النار وفي الأفران الكهربائية لابد أن تكون مجهزة بمعدات لفصل التيار أثناء الشحن و التفريغ.

2- رسم منحنى التبريد لمعدن نقي

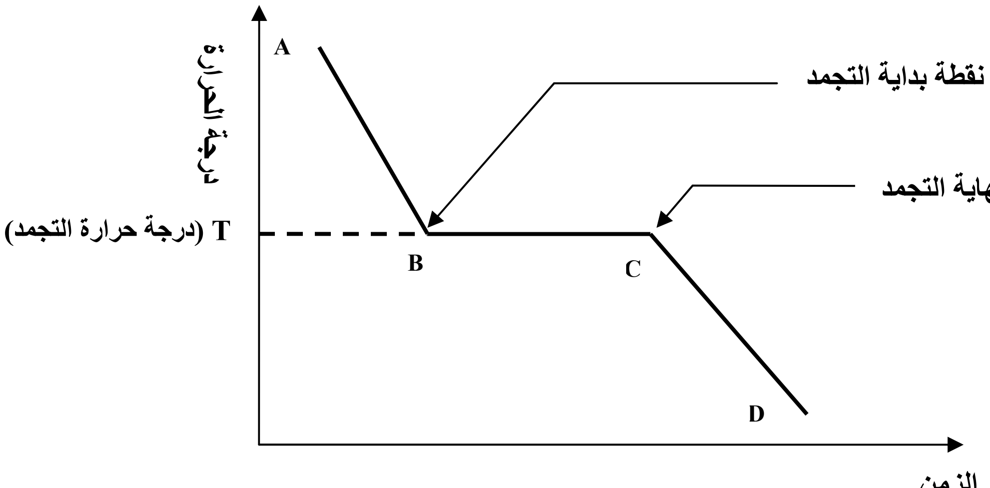
1-2 الغرض من الاختبار

إنشاء رسم بياني يوضح العلاقة بين درجات الحرارة من جهة والزمن من جهة أخرى لكمية من معدن نقي يتم صهرها ومن ثم متابعة عملية التجمد، والذي يمكننا من معرفة التغيرات التي تطرأ أثناء عملية التجمد، واستنتاج خصائص انصهار و تجمد المعدن المراد دراسته. الشكل (3.3) يعطينا المنحنى العام لسلوك التبريد لمعدن نقي، حيث يمكننا ملاحظة ما يلي:

أ- من النقطة A إلى النقطة B: انخفاض لدرجة الحرارة مع مرور الزمن وحالة المعدن سائل.

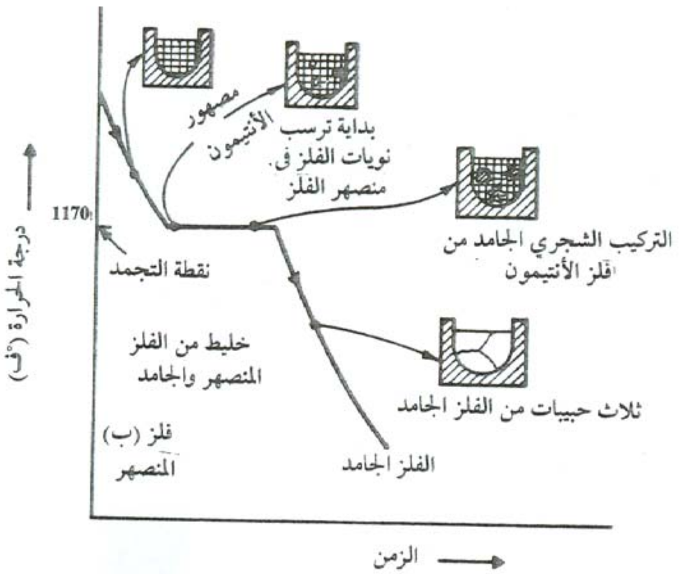
ب- عند النقطة B يبدأ المعدن في التجمد ودرجة حرارته عند هذه النقطة تسمى درجة حرارة التجمد (T) وهي كما نلاحظ ثابتة ويستغرق زمن التجمد من النقطة B إلى النقطة C و في هذه المرحلة تتكون بلورات الحالة الجامدة.

ج- من النقطة C إلى النقط D : انخفاض تدريجي لدرجة حرارة المعدن و هو في حالة جامدة.



الشكل (3.3): شكل منحنى التبريد لمعدن نقي

كمثال عملي، يوضح الشكل (4.3) منحنى التبريد لعنصر الأنتمون(Sb). درجة حرارة تجمده تساوي $621\,^0C$، ويبين الشكل مختلف المراحل التي تمر بها عملية التجمد.



الشكل (4.3): منحنى التبريد لعنصر الأنتمون

2-2 معدات الاختبار

1- تنور الصهر(الفرن):

أ- الأفران الكهربائية المتوفرة بالمعمل والتي يجب أن تزيد درجة حرارتها القصوى عن درجة انصهار المعدن الذي تجرى عليه التجربة.

ب- فرن الغاز الذي يعمل بغاز البروبان عن طريق خلطه مع الأوكسجين المضغوط بمولد تيارات هوائية.

2- بوتقة: هي عبارة عن إناء توضع فيه كمية المعدن المراد صهره، وهي في العادة أي البوتقة مصنوعة من مادة تتحمل درجات حرارة عالية جداً.

3- جهاز قياس درجات الحرارة (الترمومتر): عبارة عن جهاز مزود بشاشة إلكترونية وفي نهايته مجس حراري لقياس درجة الحرارة أثناء عملية التبريد.

4- جهاز قياس الزمن: عبارة عن ساعة وقف لحساب الوقت بالثانية (قد تكون ساعة يد).

5- ملقاط - قفازات - نظارات.

3-2 عينات الاختبار

كمية من معدن نقي ونقترح كبداية لتجارب منحنيات التبريد ، معدن الرصاص و هو معدن متوفر في المختبرات ودرجة حرارة انصهاره تساوي 327^0C.

4-2 خطوات عمل التجربة

تتمثل في المراحل التالية:

1. وضع عينة الاختبار (كمية من الرصاص) داخل بوتقة الصهر. تضبط بعدها درجة حرارة الفرن بحيث تكون أعلى من درجة حرارة انصهار المعدن بحوالي 50^0C حتى نضمن الانصهار التام لعينة الاختبار. في حالة معدن الرصاص يضبط الفرن عند درجة الحرارة: $50+327= 377^0C$ أي حوالي 380^0C.
2. تشغيل الفرن.
3. ننتظر فترة زمنية بعد وصول درجة حرارة الفرن إلى الدرجة المطلوبة حتى نتأكد من انصهار المعدن تماماً ، ونتأكد من إزالة الخبث إن وجد.
4. نخرج البوتقة من الفرن بعد انصهار العينة ويوضع المجس الحراري داخل البوتقة مع التأكد من انغماسه ثم نقيس درجة الحرارة كل فترة زمنية ولتكن كل 15 ثانية مثلاً.
5. بالموازات مع عملية القياس تدون في الجدول (1.3) المكون من عمودين درجة الحرارة (^0C) و الزمن (الثانية).

الزمن (الثانية)	درجة الحرارة (^0C)
15	
30	
45	
60	
75	
90	
105	
120	
.	
.	
.	

الجدول (1.3): نتائج تجربة تبريد معدن الرصاص

6. بعد الانتهاء من التجربة، وعلى ورق رسم بياني (ورق مليميتري) وباستعمال مقياس رسم مناسب، يوضع كل زوج من النتائج المدونة في الجدول (1.3) (درجة الحرارة ، الزمن) على المحورين و يتم إيصال نقاط التجربة، نحصل في النهاية على منحنى التبريد، ومنه يمكننا استنتاج عملياً درجة حرارة تجمد المعدن.

ملحوظة هامة

قبل إخراج البوتقة من الفرن لابد من تسخين المجس الحراري حتى نضمن عدم تجمد المعدن حوله عند غمسه في البوتقة، مع ملاحظة الزمن الذي يستغرقه المجس في القراءة حتى يصل إلى الدرجة المطلوبة.

3- رسم منحنى التبريد لسبيكة ثنائية

1-3 الغرض من الاختبار

تختلف الخواص الفيزيائية للفلزات باختلاف تركيبها، فتختلف الفلزات النقية عن بعضها البعض وتختلف كذلك هذه الخواص بين خلائطها (السبائك) وبينها وبين الفلزات المكونة لها. من بين هذه الخواص درجات الانصهار والتجمد.

الغرض من هذه التجربة هو إنشاء رسم بياني يوضح العلاقة بين التغير في درجات الحرارة من جهة والزمن من جهة أخرى لعينة مكونة من سبيكة معدنية يتم صهرها ومن ثم متابعة عملية التجمد (التبريد) والذي يمكننا من معرفة التغيرات التي تطرأ أثناء عملية التجمد واستنتاج خصائص انصهار وتجمد السبيكة وما إذا كانت تختلف عن تجربة منحنيات التبريد للمعادن النقية للتجربة السابقة.

الشكل (5.3) يعطينا المنحنى العام لسلوك التبريد لسبيكة مكونة من معدنين ممزوجين ببعضهما البعض سخنا حتى الانصهار التام عند النقطة A. بعد إبعاد المصدر الحراري وبداية التبريد، يمكننا ملاحظة ما يلي:

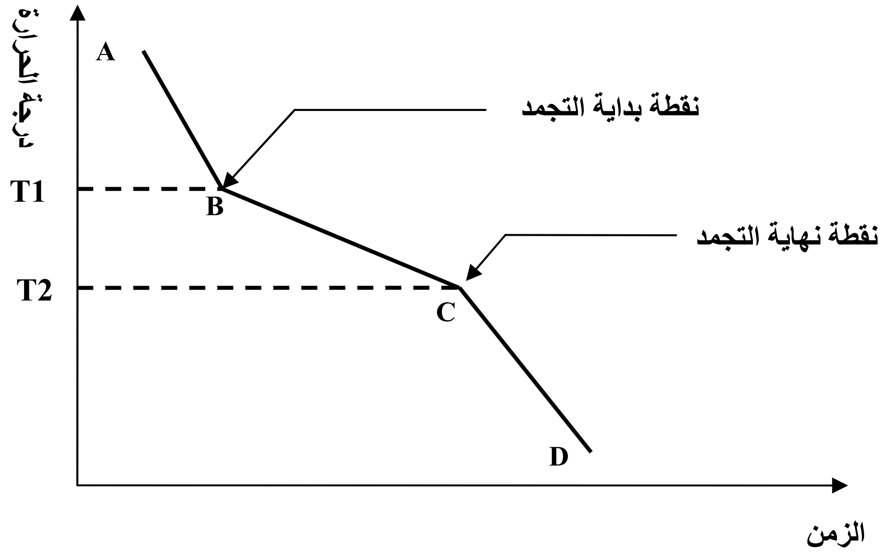
أ- من النقط A إلى النقطة B: انخفاض تدريجي لدرجة الحرارة مع مرور الزمن وحالة السبيكة عبارة عن سائل.

ب- عند النقطة B حيث درجة الحرارة T1. تبدأ السبيكة في التجمد ودرجة الحرارة عند هذه النقطة تسمى درجة حرارة بداية التجمد، وتستمر عملية التجمد لتنتهي عند النقطة C أي عند درجة الحرارة T2، وتسمى درجة حرارة السبيكة عند هذه النقطة بدرجة نهاية التجمد وعندها تكون عملية التجمد قد اكتملت نهائياً.

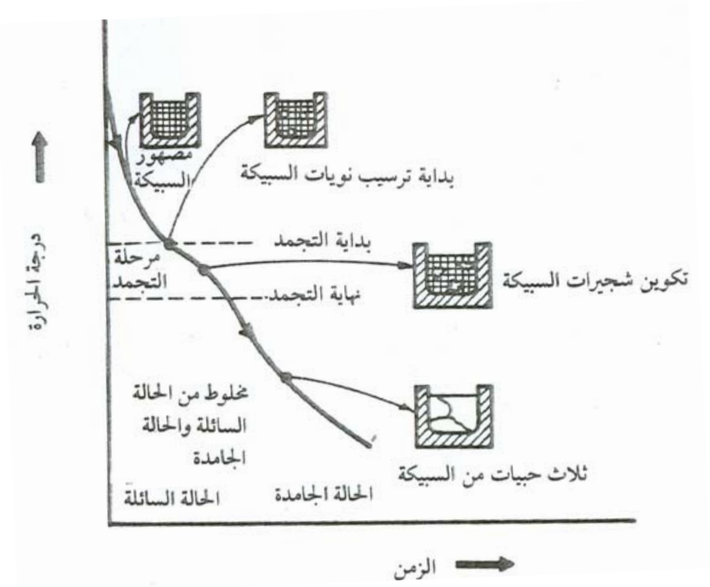
ج- من النقطة C إلى النقط D : انخفاض تدريجي لدرجة حرارة السبيكة وهي في الحالة الجامدة.

كمثال عملي، يوضح الشكل (6.3) منحنى التبريد لسبيكة مكونة من عنصر الأنتمون(*Sb*) وعنصر البزموث(*Bi*) (تحتوى السبيكة على 50% من كل عنصر). تقدر درجة حرارة بداية التجمد لهذه

السبيكة بنحو 500^0C وهي أقل من درجة حرارة تجمد فلز الأنتمون (621^0C) وأكبر من درجة حرارة تجمد فلز البزموث (271^0C).



الشكل (5.3): شكل منحنى التبريد لسبيكة مكونة من معدنين



الشكل (6.3): منحنى التبريد لسبيكة: 50% أنتمون- 50% بزموث

2-3 معدات الاختبار

هي نفس معدات التجربة السابقة مع توفير ميزان لأخذ نسب كل معدن المكون للسبيكة.

3-3 عينات الاختبار

في هذه التجربة نقترح إنشاء منحنى تبريد لسبيكة مكونة من معدن الرصاص ومعدن القصدير بنسب معينة لكل منهما (لكل تشكيلة من المعدنين نحصل على منحنى تبريد مختلف).

- كمية معدن الرصاص: 50% من الكمية الكلية للسبيكة.
- كمية معدن القصدير: 50% من الكمية الكلية للسبيكة.

4-3 خطوات عمل التجربة

تتمثل في المراحل التالية:

1. وضع كل من كمية الرصاص وكمية القصدير في بوتقة الصهر وتضبط درجة حرارة الفرن عند 380^0C حتى نضمن الانصهار التام للسبيكة (درجة حرارة انصهار القصدير تساوي 232^0C).
2. تشغيل الفرن.
3. ننتظر فترة زمنية بعد وصول درجة حرارة الفرن إلى الدرجة المطلوبة حتى نتأكد من انصهار السبيكة تماماً، ونتأكد من إزالة الخبث إن وجد.
4. نخرج بعدها البوتقة من الفرن ويوضع المجس الحراري داخل السبيكة المنصهرة مع التأكد من انغماسه، ثم نقيس درجات حرارتها على فترات معينة ولتكن كل 15 ثانية.
5. بالموازاة مع عملية القياس، تدون في الجدول (2.3) المكون من عمودين، درجة الحرارة (^0C) و الزمن (الثانية).

الزمن (الثانية)	درجة الحرارة (^0C)
15	
30	
45	
60	
75	
90	
105	
120	
.	
.	
.	

الجدول (2.3): نتائج تجربة عملية تبريد سبيكة الرصاص والقصدير

6. بعد الانتهاء من التجربة، على ورق رسم بياني (ورق ميليمتري) وباستعمال مقياس رسم مناسب، يوضع كل زوج من النتائج (درجة الحرارة - الزمن) على المحورين، ويتم إيصال نقاط التجربة المدونة

على ورقة الرسم، نحصل في النهاية على منحنى التبريد ومنه يمكننا عملياً استنتاج قيمة درجة حرارة بداية التجمد وقيمة درجة حرارة نهاية التجمد للسبيكة.

ملحوظات هامة

أ- لرسم منحنى التبريد لنسب مئوية أخرى لكل من الرصاص والقصدير، نكرر نفس خطوات العمل السابقة الذكر.

ب- يجب الإشارة إلى أن طريقة رسم منحنى التبريد لسبيكة الرصاص والقصدير تبقى صالحة تماماً لأي سبيكة مكونة من معادن أخرى.

ج- كما سبق و أن أوضحنا في الوحدة الخامسة نظري، فإن مجموعة نتائج منحنيات التبريد لتركيبات مختلفة للسبيكة، تمكننا من رسم مخطط الاتزان الحراري.